

(51)Int.Cl.
F 25 B 9/00識別記号
3 1 1F I
F 25 B 9/00

3 1 1

Y

審査請求 未請求 請求項の数 4 O.L. (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平9-347840

(22)出願日 平成9年(1997)12月17日

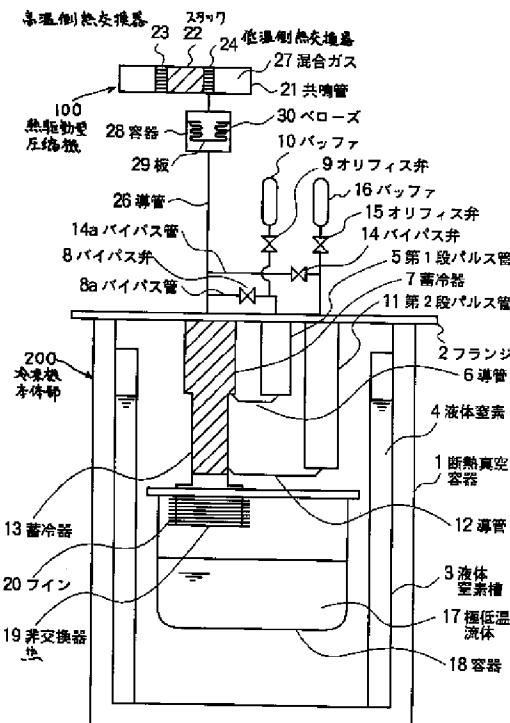
(71)出願人 000006208
 三菱重工業株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号
 (72)発明者 中道 壽治
 長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内
 (74)代理人 弁理士 石川 新 (外1名)

(54)【発明の名称】 パルス管冷凍機

(57)【要約】

【課題】 热駆動型圧縮機の共鳴管の長さを短縮することにより、小型コンパクト化されたパルス管冷凍機を提供する。

【解決手段】 共鳴管内に封入された作動ガスを加熱・冷却することにより同作動ガスに自励振動を発生させる熱駆動型圧縮機を備え、同熱駆動型圧縮機からの作動ガスの圧力振幅を冷凍機本体部のパルス管及び蓄冷器に作用させて、水素等の容器内の流体を冷却液化するパルス管冷凍機において、上記共鳴管内に封入される作動ガスにヘリウムガスと他の希ガスとの混合ガスであってヘリウムガスよりも音速の大きい混合ガスを用い、共鳴管長さを短縮可能とする。特に混合ガスとしてHeとXeの混合ガスを用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 共鳴管内に封入された作動ガスを加熱・冷却することにより同作動ガスに自励振動を発生させる熱駆動型圧縮機を備え、同熱駆動型圧縮機からの作動ガスの圧力振幅を冷凍機本体部のパルス管及び蓄冷器に作用させて、水素等の容器内の流体を冷却液化するパルス管冷凍機において、上記共鳴管内に封入される作動ガスにヘリウムガスと他の希ガスとの混合ガスであってヘリウムガスよりも音速の大きい混合ガスを用いたことを特徴とするパルス管冷凍機。

【請求項 2】 上記混合ガスが、ヘリウム (He) とキセノン (Xe) とを混合してなる請求項 1 に記載のパルス管冷凍機。

【請求項 3】 共鳴管内に封入された作動ガスを加熱・冷却することにより同作動ガスに自励振動を発生させる熱駆動型圧縮機を備え、同熱駆動型圧縮機からの作動ガスの圧力振幅を冷凍機本体部のパルス管及び蓄冷器に作用させて、水素等の容器内の流体を冷却液化するパルス管冷凍機において、上記熱駆動型圧縮機と冷凍機本体部とを接続する導管路に、熱駆動型圧縮機側の上記混合ガスと冷凍機本体部側の作動ガスとを遮断して両ガスの混合を阻止し、かつ上記熱駆動型圧縮機側の圧力振幅の冷凍機本体部側への伝達を可能としたピストン付きベローズ等の遮断機構を設けてなるパルス管冷凍機。

【請求項 4】 上記熱駆動型圧縮機と冷凍機本体部とを接続する導管路に、熱駆動型圧縮機側の上記混合ガスと冷凍機本体部側の作動ガスとを遮断して両ガスの混合を阻止し、かつ上記熱駆動型圧縮機側の圧力振幅の冷凍機本体部側への伝達を可能としたピストン付きベローズ等の遮断機構を設けてなる請求項 1 あるいは 2 に記載のパルス管冷凍機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は液体水素等の液化に使用される、熱駆動型圧縮機を備えたパルス管冷凍機に関する。

【0002】

【従来の技術】 図 3 は、液体水素の液化に使用されるパルス管冷凍機の圧縮機として、共鳴管におけるガスの自励振動を利用した熱駆動型圧縮機を用いたパルス管冷凍機の従来の 1 例を示す。

【0003】 図 3において、1 は外部からの侵入熱を低減するための有底筒状の断熱真空容器、2 は同断熱真空容器 1 の上部を覆蓋するフランジ部である。3 は上記断熱真空容器 1 の内部に収納されて常温からの輻射熱をシールドするための液体窒素槽、4 は同液体窒素槽 3 内に収容された液体窒素である。5 は第 1 段パルス管、7 は第 1 段蓄冷器、13 は第 2 段蓄冷器である。同第 1 段パルス管 5 の高温端は上記断熱真空容器 1 のフランジ部 2 と熱的に結合されるとともに、低温端は、導管 6 によつ

て上記第 1 段蓄冷器 7 の低温端と接続されている。

【0004】 8a は上記第 1 段蓄冷器 7 の高温端と上記第 1 段パルス管 5 の高温端とを接続する第 1 段用のバイパス管、8 は同バイパス管路 8a を開閉するバイパス弁である。11 は第 2 段パルス管であり、同パルス管 11 の高温端は上記フランジ部 2 と熱的に結合されるとともに、低温端は導管 12 によって上記第 2 段蓄冷器 13 の低温端と接続されている。

【0005】 14a は上記第 2 段蓄冷器 13 の高温端と上記第 2 段パルス管 11 の高温端とを接続する第 2 段用のバイパス管、14 は同バイパス管 14a を開閉するバイパス弁である。10 は上記第 1 段用のバイパス管 8a に接続される第 1 段用のバッファ、9 は同バッファ 10 への接続管路に設けられた第 1 段用のオリフィス弁である。また、16 は上記第 2 段用のバイパス管 14a に接続される第 2 段用のバッファ、15 は同バッファ 16 への接続管路に設けられた第 2 段用のオリフィス弁である。

【0006】 上記バイパス弁 8 及び 14、並びにオリフィス弁 9 及び 15 は、第 1 段パルス管 5 及び第 2 段パルス管 11 内のガスの圧力振動及び速度振幅変動の間の位相差を制御する制御機構の機能をなす。上記蓄冷器 7、13 の材料としては、磁性蓄冷材である Er₃Ni 等が用いられる。

【0007】 17 は密閉の容器 18 内に封入され、沸点が上記液体窒素 4 以下の液体水素等の極低温流体である。19 は上記第 2 段蓄冷器 13 の低温端に設置された熱交換器で、上記容器 18 内で蒸発した極低温流体 17 を同熱交換器 19 のフィン 20 の表面で液化し再び液体とせしめるように構成されている。

【0008】 21 は内部にヘリウムガス 25 が収容された共鳴管で、同共鳴管 21 には高温側熱交換器 23、低温側熱交換器 24 及びスタック 22 が設けられている。上記スタック 22 は例えば、厚さ 0.5 mm 程度のステンレス板を 1 mm 程度の間隔で重ね合わせて形成される。26 は上記共鳴管 21 と上記第 1 段蓄冷器 7 とを接続する導管である。

【0009】 そして、上記高温側熱交換器 23 を 400 °C 程度に加熱するとともに低温側熱交換器 24 を室温に保持すると、スタック 22 内に侵入しているヘリウムガス 25 に自励振動が発生し、共鳴管 21 内に圧力振動の定在波が発生することにより、定常的に圧力振幅が発生する熱駆動型圧縮機 100 が構成される。この熱駆動型圧縮機 100 における上記圧力振幅は、上記導管 26 を介して上記第 1 段、第 2 段パルス管 5、11 及び蓄冷器 7、13 側に伝達されるようになっている。

【0010】 上記のように構成されたパルス管冷凍機の作動時において、上記熱駆動型圧縮機 100 から、圧力振幅を伴う高圧のガスが導管 26 を介して導入されると、上記蓄冷器 7、13 及び第 1 段、第 2 段パルス管

6, 11内のガスは上記高压ガスによって押される。そして行き場の無くなったガスは第1段、第2段パルス管5, 11の高温端で発熱し、その熱は断熱真空容器1のフランジ部2に排熱される。次いで、上記熱駆動型圧縮機100から低圧のガスが送られると、蓄冷器7, 13及び第1段、第2段パルス管6, 11内のガスは、蓄冷器7, 13に寒冷を与えながら膨張する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来の熱駆動型圧縮機100を備えたバイパス管冷凍機には次のような問題点がある。即ち、上記パルス管冷凍機においては、上記のように、作動ガスとして、上記熱駆動型圧縮機100の共鳴管21内に封入されたヘリウムガス25を使用している。しかしながら同ヘリウムガス25の音速がきわめて大きいため、熱駆動型圧縮機100の共鳴周波数をパルス管冷凍機の運転周波数に等しい数10Hzに設定すると共鳴管21の長さが長くなり、上記熱駆動型圧縮機100を含むパルス管冷凍機が大型化する。

【0012】本発明の目的は、熱駆動型圧縮機の共鳴管の長さを短縮することにより、小型コンパクト化されたパルス管冷凍機を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は上記問題点を解決するもので、その要旨とする第1の手段は、共鳴管内に封入された作動ガスを加熱・冷却することにより同作動ガスに自励振動を発生させる熱駆動型圧縮機を備え、同熱駆動型圧縮機からの作動ガスの圧力振幅を冷凍機本体部のパルス管及び蓄冷器に作用させて、水素等の容器内の流体を冷却液化するパルス管冷凍機であって、上記共鳴管内に封入される作動ガスにヘリウムガスと他の希ガスとの混合ガスであってヘリウムガスよりも音速の大きい混合ガスを用いたことを特徴とするパルス管冷凍機にある。

【0014】また上記第1の手段において、上記混合ガスが、ヘリウム(He)とキセノン(Xe)とを混合してなるのが好ましい。

【0015】上記手段によれば、共鳴管内にヘリウムと他の希ガスとを混合しガスの音速がヘリウムよりも小さくなるようにした混合ガスを封入したので、上記音速の低下により所要の共鳴管長さもヘリウムガス使用時に較べ上記音速の低下分相当量短縮される。

【0016】特に混合ガスとしてヘリウム(He)とキセノン(Xe)との混合ガスを用いて、双方のモル比をHe=89%、Xe=11%程度に設定すれば、分子量がヘリウムの場合の4倍以上となり音速が半分以下となって、共鳴管の長さも半分以下に短縮することが可能となる。また、上記混合ガスはプラントル数もヘリウムの1/3以下に低下し、熱駆動型圧縮機における混合ガスの温度境界層の厚さが増大し、スタックと混合ガスとの

伝熱特性が向上し、熱駆動型圧縮機の性能が向上する。

【0017】また第2の手段は、上記熱駆動型圧縮機と冷凍機本体部とを接続する導管路に、熱駆動型圧縮機側の上記混合ガスと冷凍機本体部側の作動ガスとを遮断して両ガスの混合を阻止し、かつ上記熱駆動型圧縮機側の圧力振幅の冷凍機本体部側への伝達を可能としたピストン付きベローズ等の遮断機構を設けてなる。

【0018】上記第2の手段によれば、極低温流体の生成時に最も温度が低下する蓄冷器の低温端において混合ガス中のキセノン(Xe)が凝縮、液化しようとも、熱駆動型圧縮機と冷凍機本体部との間に設けた遮断機構により、共鳴管内の混合ガスと冷凍機本体部側の作動ガスとの混合を阻止したのでかかるキセノンの凝縮、液化が回避される。

【0019】

【発明の実施の形態】以下図1～図2を参照して本発明の実施形態につき詳細に説明する。図1は本発明の実施形態に係る熱駆動型圧縮機100を備えたパルス管冷凍機の構成図、図2は作動ガスの化学的性質及び物理的性質の1例を示す表である。

【0020】図1において、1は外部からの侵入熱を低減するための有底筒状の断熱真空容器、2は同断熱真空容器1の上部を覆蓋するフランジ部である。3は上記断熱真空容器1の内部に収納されて常温からの輻射熱をシールドするための液体窒素槽、4は同液体窒素槽3内に収容された液体窒素である。5は第1段パルス管、7は第1段蓄冷器、13は第2段蓄冷器であり同蓄冷器7, 13の材料としては磁性蓄冷材であるEr₃Ni等が用いられる。同第1段パルス管5の高温端は上記断熱真空容器1のフランジ部2と熱的に結合されるとともに、低温端は導管6によって上記第1段蓄冷器7の低温端と接続されている。

【0021】8aは上記第1段蓄冷器7の高温端と上記第1段パルス管5の高温端とを接続する第1段用のバイパス管、8は同バイパス管路8aを開閉するバイパス弁である。11は第2段パルス管であり、同パルス管11の高温端は上記フランジ部2と熱的に結合されるとともに、低温端は導管12によって上記第2段蓄冷器13の低温端と接続されている。

【0022】14aは上記第2段蓄冷器13の高温端と上記第2段パルス管11の高温端とを接続する第2段用のバイパス管、14は同バイパス管14aを開閉するバイパス弁である。10は上記第1段用のバイパス管8aに接続される第1段用のバッファ、9は同バッファ10への接続管路に設けられた第1段用のオリフィス弁である。

【0023】また、16は上記第2段用のバイパス管14aに接続される第2段用のバッファ、15は同バッファ16への接続管路に設けられた第2段用のオリフィス弁である。

【0024】17は密閉の容器18内に封入され、沸点が上記液体窒素4以下の液体水素等の極低温流体である。また、19は上記第2段蓄冷器13の低温端に設置された熱交換器で、上記容器18内の極低温流体17の上方に位置して設けられたフィン20を備えている。以上に示すパルス管冷凍機の構成は図3に示す従来技術と同様である。

【0025】本発明の実施形態においては、熱駆動型圧縮機100を改良している。即ち、図1において、21は熱駆動型圧縮機100の共鳴管であり、同共鳴管21内にはヘリウムガスとヘリウムガス以外の希ガスからなる混合ガス27が封入されている。上記混合ガス27の1例として、図2に示すように、ヘリウム(He)とキセノン(Xe)のモル比8.9%/11%のものがある。図2はこの実施形態に適用されるヘリウムガス及び上記混合ガスの化学的、物理的性質を示している。

【0026】また上記共鳴管21には、高温側熱交換器23、低温側熱交換器24及びスタック22が設けられている。上記スタック22は例えば、厚さ0.5mm程度のステンレス板を1mm程度の間隔で重ね合わせて形成される。26は上記共鳴管21と上記第1段蓄冷器7とを接続する導管である。

【0027】28は上記導管26に設けられた容器である。上記容器28内にはピストン及び仕切板を兼ねた板29とこの板29を容器28に支持するベローズ30とが設けられ、これら板29及びベローズ30によって熱駆動型圧縮機100側と冷凍機本体200側とのガスを遮断している。

【0028】上記構成からなるパルス管冷凍機の作動時において、上記熱駆動型圧縮機100の上記高温側熱交換器23を400°C程度に加熱するとともに低温側熱交換器24を室温に保持すると、スタック22内に侵入している混合ガス27に自励振動が発生し、共鳴管21内に圧力振動の定在波が発生することにより、定常的に圧力振幅が発生する。そしてこの圧力振幅は導管26を介して容器28内の板29及びベローズ30に作用し、この板29及びベローズ30が伸縮させて、導管26を介して冷凍機本体部200側の上記第1段、第2段パルス管5、11及び蓄冷器7、13側に伝達される。

【0029】7、13及び第1段、第2段パルス管6、11内のガスは、上記圧力振幅を伴なう混合ガスによって押される。そして行き場の無くなったガスは第1段、第2段パルス管5、11の高温端で発熱し、その熱は断熱真空容器1のフランジ部2に排熱される。次いで、上記熱駆動型圧縮機100から低圧のガスが送られると、蓄冷器7、13及び第1段、第2段パルス管6、11内のガスは、蓄冷器7、13に寒冷を与えながら膨張する。そして、上記容器18内においては、極低温流体17の蒸発があるが、同流体は同容器18内に設けられた熱交換器19のフィン20の表面で液化して再び液体と

なって容器18底部に収容される。

【0030】また、上記バイパス弁8及び14、並びにオリフィス弁9及び15は、第1段パルス管5及び第2段パルス管11内のガスの圧力振動及び速度振幅変動の間の位相差を制御する。

【0031】かかる作動時において、共鳴管21内に、図2に示すようなヘリウム(He)とキセノン(Xe)との混合ガス27を封入しており、同混合ガス27はその分子量が従来のヘリウム25に較べて4倍以上に増大し音速が半分以下に低下することから、共鳴管21の長さも半分以下に短縮される。さらに上記混合ガス27のプラントル数もヘリウム25の1/3以下に低下することから、同混合ガス27の温度境界層厚さが大きくなり、スタック22と混合ガス27との伝熱特性が向上する。これにより、熱駆動型圧縮機100の性能も向上する。

【0032】また、本発明の実施形態に係るヘリウム(He)とキセノン(Xe)との混合ガス27を用い、この混合ガス27をそのまま冷凍機本体部200の作動ガスとして蓄冷器7、及び13に流し、容器18内の水素を液化して極低温流体(液体水素)17を生成するよう構成すると、最も温度が低下する第2段蓄冷器13の低温端において混合ガス27中のキセノン(Xe)が凝縮液化するが、本発明の実施形態においては、上記熱駆動型圧縮機100と、冷凍機本体部200とを接続する導管26に、容器28内に支持されたピストン兼用の板29及びベローズ30を設けて共鳴管21内の混合ガス27と冷凍機本体部200側の作動ガスとを遮断したので、かかるキセノンの凝縮、液化が阻止され、冷凍機は順調に作動する。

【0033】

【発明の効果】本発明は以上のように構成されており、本発明によれば、共鳴管内にヘリウムと他の希ガスとを混合しガスの音速がヘリウムよりも小さくなるようにした混合ガスを封入したので、上記音速の低下により所要の共鳴管長さもヘリウムガス使用時に較べ上記音速の低下分相当量短縮される。これにより熱駆動型圧縮機の長さが短縮され、小形、コンパクトなパルス管冷凍機が得られる。

【0034】また混合ガスとしてヘリウムとキセノンとの混合ガスを使用すれば、この混合ガスは、プラントル数がヘリウムの1/3以下に低下するので、熱駆動型圧縮機における混合ガスの温度境界層の厚さが増大し、スタックと混合ガスとの伝熱特性が向上し、熱駆動型圧縮機の性能が向上する。

【0035】さらに、請求項3、4のように構成すれば、熱駆動型圧縮機と冷凍機本体部との間に設けた遮断機構により、共鳴管内の混合ガスと冷凍機本体部側の作動ガスとの混合を阻止したので蓄冷器低温端におけるキセノンの凝縮、液化が阻止され、かかる現象によるパル

ス管冷凍機の運転の阻害を防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るパルス管冷凍機の構成図。

【図2】上記冷凍機用作動ガスの化学的性質及び物理的性質を示す表。

【図3】従来例を示す図1応当図。

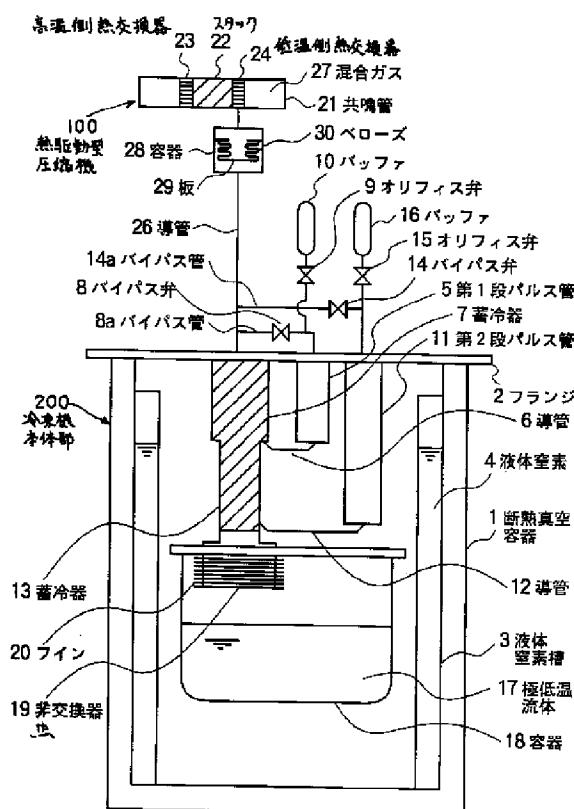
【符号の説明】

100	熱駆動型圧縮機
200	冷凍機本体部
1	断熱真空容器
2	フランジ
3	液体窒素槽
4	液体窒素
5	第1段パルス管
6, 12	導管
7	蓄冷器(第1段)
8, 14	バイパス弁

8 a, 14 a	バイパス管
9, 15	オリフィス弁
10, 16	バッファ
11	第2段パルス管
13	蓄冷器(第2段)
17	極低温流体
18	容器
19	熱交換器
20	フィン
21	共鳴管
22	スタック
23	高温側熱交換器
24	低温側熱交換器
27	混合ガス
28	容器
29	板
30	ベローズ

【図1】

【図2】



	分子量	音速 (m/s)	共鳴管長さ (=1/2波長) (m)	プラントル数
He	4	1020	10.2	0.67
He+Xe (モル比 89%/11%)	18	480	4.8	0.18

(条件: 壓力 1.0MPa, 温度 300K, 振動周波数 50Hz)

【図3】

